

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2022年1月20日(20.01.2022)



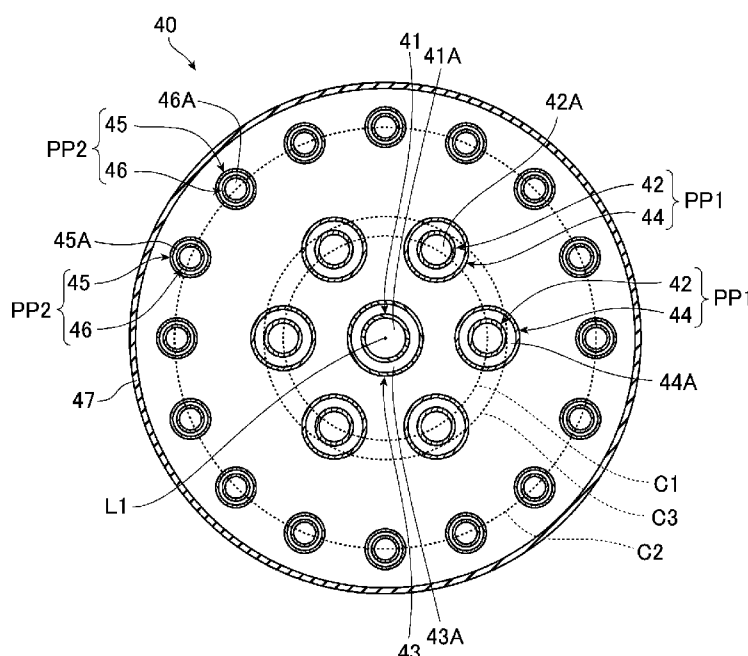
(10) 国際公開番号

WO 2022/014147 A1

- (51) 国際特許分類:
C03B 37/018 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/018924
- (22) 国際出願日: 2021年5月19日(19.05.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2020-120748 2020年7月14日(14.07.2020) JP
- (71) 出願人: 株式会社フジクラ (FUJIKURA LTD.)
[JP/JP]; 〒1358512 東京都江東区木場 1
- 5 - 1 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 佐藤 信敏 (SATO, Nobutoshi); 〒2858550
千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 株式会社フジ
クラ 佐倉事業所内 Chiba (JP).
- (74) 代理人: 森 村 靖 男 (MORIMURA Yasuo);
〒1010032 東京都千代田区岩本町三丁目 1 0 番
9 号 秋葉原花岡ビル 6 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) Title: DEVICE FOR MANUFACTURING OPTICAL FIBER BASE MATERIAL AND METHOD FOR MANUFACTURING OPTICAL FIBER BASE MATERIAL

(54) 発明の名称: 光ファイバ用母材の製造装置、及び光ファイバ用母材の製造方法



(57) Abstract: This method for manufacturing an optical fiber base material (1P) comprises a deposition step (P1) for forming a porous glass body (21) by emitting a gas containing a raw material gas and a flammable gas from a burner (40) to deposit glass fine particles (22). The burner (40) has a first raw material gas pipe (41) and second raw material gas pipes (42) through which the raw material gas flows, and flammable gas pipes (45) through which the flammable gas flows. Ports (42A) of the second raw material gas pipes (42) are disposed so as to surround a port (41A) of the first raw

NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

material gas pipe (41). In the deposition step (P1), the flow velocity of the raw material gas emitted from the ports (42A) of the second raw material gas pipes (42) is made slower than the flow velocity of the raw material gas emitted from the port (41A) of the first raw material gas pipe (41).

(57) 要約: 光ファイバ用母材 (1 P) の製造方法は、バーナ (4 0) から原料ガス及び可燃性ガスを含むガスを射出してガラス微粒子 (2 2) を堆積させて多孔質ガラス体 (2 1) を形成する堆積工程 (P 1) を備える。バーナ (4 0) は、原料ガスを流す第1原料ガス管 (4 1) 及び第2原料ガス管 (4 2) と、可燃性ガスを流す可燃性ガス管 (4 5) とを有し、第2原料ガス管 (4 2) のポート (4 2 A) は、第1原料ガス管 (4 1) のポート (4 1 A) を囲うように配置され、堆積工程 (P 1) において、第2原料ガス管 (4 2) のポート (4 2 A) から射出する原料ガスの流速を第1原料ガス管 (4 1) のポート (4 1 A) から射出する原料ガスの流速より遅くする。

明 細 書

発明の名称：

光ファイバ用母材の製造装置、及び光ファイバ用母材の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、光ファイバ用母材の製造装置、及び光ファイバ用母材の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 光ファイバの製造に用いる光ファイバ用母材を製造する方法として、OVD法 (Outside Vapor Deposition method) やVAD法 (Vapor Phase Axial Deposition method) 等を用いてガラス微粒子を堆積させて多孔質ガラス体を形成し、当該多孔質ガラス体を脱水処理した後、焼結させる方法が知られている。

[0003] 例えば、下記特許文献1には、OVD法であって、原料ガス、可燃性ガス、及び助燃性ガスをバーナから射出して生成されるガラス微粒子を棒状の出発母材の外周面に堆積させて多孔質ガラス体を形成する多孔質ガラス体の製造方法が記載されている。このバーナは、原料ガスをそれぞれ射出する第1ポート及び複数の第2ポートを有し、複数の第2ポートは第1ポートを囲うように配置されている。

[0004] 特許文献1：特開平6－72733号公報

発明の概要

[0005] ところで、上記特許文献1のように出発母材の外周面にガラス微粒子を堆積させる場合、当初は出発母材の外周面にガラス微粒子が吹き付けられ、その後は出発母材の外周面に堆積したガラス微粒子から成る多孔質ガラス体の外周面にガラス微粒子が吹き付けられる。そして、この多孔質ガラス体が時間の経過とともに大きくなる。このような場合、ガラス微粒子が吹き付けられる領域は、平面状ではなく、バーナ側に凸状に湾曲した曲面状である。このため、この領域の外周部の一部での垂線と当該一部に向かうガラス微粒子

の進行方向とのなす角は、中心部での垂線と当該中心部に向かうガラス微粒子の進行方向とのなす角より大きくなる。ガラス微粒子はこの角が大きくなるにつれて吹き付けられた際に跳ね返り易くなる傾向にあるため、外周部にガラス微粒子が付着しにくくなる場合がある。上記特許文献1では、このようなガラス微粒子の跳ね返りについて考慮がなされていない。このため、ガラス微粒子の堆積効率が低下して光ファイバ用母材の製造効率が低下し、その結果、光ファイバの製造効率が低下することが懸念される。

[0006] そこで、本発明は、光ファイバの製造効率の低下を抑制し得る光ファイバ用母材の製造装置、及び光ファイバ用母材の製造方法を提供することを目的とする。

[0007] 上記目的の達成のため、光ファイバ用母材の製造方法は、バーナから原料ガス及び可燃性ガスを含むガスを射出してガラス微粒子を堆積させて多孔質ガラス体を形成する堆積工程を備え、前記バーナは、前記原料ガスを流す第1原料ガス管及び第2原料ガス管と前記可燃性ガスを流す可燃性ガス管とを有し、前記第2原料ガス管のポートは、前記第1原料ガス管のポートを囲うように配置され、前記堆積工程において、前記第2原料ガス管のポートから射出する前記原料ガスの流速を前記第1原料ガス管のポートから射出する前記原料ガスの流速より遅くすることを特徴とするものである。

[0008] また、上記目的の達成のため、本発明の光ファイバ用母材の製造装置は、原料ガスを流す第1原料ガス管及び第2原料ガス管と可燃性ガスを流す可燃性ガス管とを有し前記原料ガス及び前記可燃性ガスを含むガスを射出してガラス微粒子を堆積させて多孔質ガラス体を形成するバーナと、前記第2原料ガス管のポートから射出する前記原料ガスの流速が前記第1原料ガス管のポートから射出する前記原料ガスの流速より遅くなるように前記第1原料ガス管及び前記第2原料ガス管のそれぞれに前記原料ガスを供給するとともに、前記可燃性ガス管に前記可燃性ガスを供給するガス供給源と、を備え、前記第2原料ガス管のポートは、前記第1原料ガス管のポートを囲うように配置されることを特徴とするものである。

[0009] この製造方法及び製造装置では、第1原料ガス管のポートから射出する原料ガスに由来するガラス微粒子は、ガラス微粒子が吹き付けられる領域における中心部に主に吹き付けられる。一方、第2原料ガス管のポートから射出する原料ガスに由来するガラス微粒子は、上記領域における外周部に主に吹き付けられる。一般的に、ガラス微粒子が面に非垂直な方向から吹き付けられる場合、ガラス微粒子は、速度が遅くなるにつれて吹き付けられる面で跳ね返りにくくなる傾向にある。この製造方法及び製造装置では、第2原料ガス管のポートから射出する原料ガスの流速は、第1原料ガス管のポートから射出する原料ガスの流速より遅いため、外周部に吹き付けられるガラス微粒子の速度を中心部に吹き付けられるガラス微粒子の速度より遅くし得る。このため、上記領域がバーナ側に凸状に湾曲した曲面状であっても、この領域の外周部に吹き付けられるガラス微粒子の速度が中心部に吹き付けられるガラス微粒子の速度以上である場合と比べて、外周部でのガラス微粒子の跳ね返りを抑制し得る。従って、この製造方法及び製造装置によれば、ガラス微粒子の堆積効率が低下して光ファイバ用母材の製造効率が低下することを抑制し得、その結果、この光ファイバ用母材を用いて製造される光ファイバの製造効率の低下を抑制し得る。

[0010] 上記の製造方法及び製造装置では、前記バーナは、前記第2原料ガス管を複数有し、複数の前記第2原料ガス管のそれぞれのポートは、前記第1原料ガス管のポートの周囲に所定間隔ごとに配置されることとしてもよい。

[0011] このような構成にすることで、隣接する第2原料ガス管のポートの距離が一定でない場合と比べて、ガラス微粒子の生成を周方向において均一に近づけることができ、多孔質ガラス体のかさ密度を均一に近づけ得る。

[0012] 上記の製造方法及び製造装置では、バーナが第2原料ガス管を複数有する場合、前記第1原料ガス管の内径は、複数の前記第2原料ガス管のそれぞれの内径より大きいこととしてもよい。

[0013] 一般的に、管の内径が大きくなるにつれて、当該管における圧力損失が小さくなる傾向にある。このため、このような構成にすることで、例えば、第

1 原料ガス管及び第2原料ガス管に同じ圧力で原料ガスを供給しても、第2原料ガス管のポートから射出する原料ガスの流速を第1原料ガス管のポートから射出する原料ガスの流速より遅くし得る。このため、第1原料ガス管と第2原料ガス管とに異なる圧力で原料ガスを供給する場合と比べて、原料ガスを供給するガス供給源の構成を簡易にし得る。

[0014] 上記の製造方法では、前記堆積工程において、棒状の出発母材の外主面に前記ガラス微粒子を堆積させ、前記バーナのガス射出方向に沿って見る場合に、全ての前記第2原料ガス管のポートの全体が前記出発母材と重なることとしてもよい。

[0015] このような構成にすることで、バーナのガス射出方向に沿って見る場合に第2原料ガス管のポートの少なくとも一部が出発母材と重ならない場合と比べて、堆積を始める当初におけるガラス微粒子の堆積効率を向上させることができる。

[0016] 上記の製造方法では、前記堆積工程において、時間の経過とともに前記第2原料ガス管のポートから射出する前記原料ガスの流速を前記第1原料ガス管のポートから射出する前記原料ガスの流速に近づけることとしてもよい。

[0017] 例えば、棒状の出発母材の外周面にガラス微粒子を堆積させる場合、時間の経過とともに多孔質ガラス体の外径が大きくなる。このため、ガラス微粒子が吹き付けられる領域の曲率半径が時間の経過とともに大きくなり、この領域の外周部における垂線とガラス微粒子の進行方向とのなす角が時間の経過とともに小さくなる。このため、外周部に吹き付けられるガラス微粒子は時間の経過とともに跳ね返りにくくなる。従って、このような場合では、上記のような構成にすることで、上記領域の外周部でのガラス微粒子の跳ね返りを抑制しつつガラス微粒子の堆積速度を向上し得る。

[0018] 上記の製造方法及び製造装置では、前記バーナは、シールガスを流す第1シールガス管を更に備え、前記原料ガス、前記可燃性ガス、及び前記シールガスを含むガスを射出し、前記第1シールガス管のポートは、前記第1原料ガス管のポートを囲うように配置され、前記第2原料ガス管のポート及び前

記可燃性ガス管のポートは、前記第1シールガス管のポートを基準とする前記第1原料ガス管のポート側と反対側に配置されることとしてもよい。

[0019] このような構成にすることで、第1原料ガス管のポートの近傍でガラス微粒子が生成されることを抑制し得、ガラス微粒子の第1原料ガス管への付着を抑制し得る。

[0020] 上記の製造方法及び製造装置では、バーナが第1シールガス管を有する場合、前記バーナは、前記シールガスを流す第2シールガス管を更に備え、前記第2シールガス管のポートは、前記第2原料ガス管のポートを囲うように配置され、前記可燃性ガス管のポートは、前記第2シールガス管のポートを基準とする前記第2原料ガス管のポート側と反対側に配置されることとしてもよい。

[0021] このような構成にすることで、ガラス微粒子の第1原料ガス管及び第2原料ガス管への付着を抑制し得る。

[0022] 上記の製造方法及び製造装置では、バーナが第2シールガス管を有する場合、前記バーナは、前記第2原料ガス管と前記第2シールガス管とからなる複数の第1のガス管対を備え、複数の前記第1のガス管対のそれぞれにおける前記第2原料ガス管のポートは、前記第1原料ガス管のポートの周囲に所定間隔ごとに配置され、それぞれの前記第1のガス管対において、前記第2シールガス管のポートは、前記第2原料ガス管のポートを囲うこととしてもよい。

[0023] このような構成にすることで、1つの第2シールガス管のポートが複数の第2原料ガス管のポートを囲う場合と比べて、第2シールガス管のポートの面積を小さくし得る。従って、このような構成にすることで、この場合と比べて、射出するシールガス全体の流量を少なくし得、シールガスによってガラス微粒子が生成されにくくなることを抑制し得、ガラス微粒子の堆積効率を向上し得る。

[0024] 上記の製造方法では、バーナが第2シールガス管を有する場合、前記堆積工程において、前記第1シールガス管のポートから射出する前記シールガス

の流速を前記第2シールガス管のポートから射出する前記シールガスの流速より速くしてもよい。

[0025] 上記の製造方法及び製造装置では、前記第1原料ガス管及び前記第2原料ガス管は、前記可燃性ガス管内に非配置とされることとしてもよい。

[0026] 安全性の観点から、可燃性ガス管に供給される可燃性ガスの温度は、一般的に低い温度、例えば原料ガスの温度よりも低い温度とされる。このため、上記のような構成にすることで、可燃性ガス管内に第1原料ガス管及び第2原料ガス管が配置される場合と比べて、可燃性ガスによって原料ガスが冷却されてガラス微粒子が生成されにくくなることを抑制し得る。

[0027] 上記の製造方法及び製造装置では、前記バーナは、前記可燃性ガス管と助燃性ガスを流す助燃性ガス管とからなる複数の第2のガス管対を備え、前記原料ガス、前記可燃性ガス、及び前記助燃性ガスを含むガスを射出し、それぞれの前記第2のガス管対において、前記可燃性ガス管のポート及び前記助燃性ガス管のポートの一方は、他方を囲うこととしてもよい。

[0028] このような構成にすることで、可燃性ガスを効果的に燃焼させ得る。

[0029] 以上のように、本発明によれば、光ファイバの製造効率の低下を抑制し得る光ファイバ用母材の製造装置、及び光ファイバ用母材の製造方法が提供される。

図面の簡単な説明

[0030] [図1]本発明の実施形態に係る光ファイバの製造方法によって製造される光ファイバの長手方向に垂直な断面の様子を示す図である。

[図2]図1に示す光ファイバを製造するための光ファイバ用母材の長手方向に垂直な断面の様子を示す図である。

[図3]本実施形態に係る光ファイバ用母材の製造方法、及び光ファイバの製造方法の工程を示すフローチャートである。

[図4]堆積工程で用いる堆積装置を概略的に示す図である。

[図5]本実施形態のバーナのポートをガスの射出側から見た様子を示す図である。

[図6]堆積工程における当初の様子を示す断面図である。

[図7]堆積工程における所定の期間経過したときの様子を示す断面図である。

[図8]堆積を始める当初にガラス微粒子が吹き付けられる領域をバーナ側から見る図である。

[図9]堆積を始めてから所定の期間経過後にガラス微粒子が吹き付けられる領域をバーナ側から見る図である。

[図10]脱水工程の様子を示す図である。

[図11]線引工程の様子を示す図である。

[図12]本発明の変形例に係るバーナのポートを図5と同様に示す図である。

発明を実施するための形態

[0031] 以下、本発明に係る光ファイバ用母材の製造装置、及び光ファイバ用母材の製造方法の好適な実施形態について図面を参照しながら詳細に説明する。以下に例示する実施形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定して解釈するためのものではない。本発明は、その趣旨を逸脱することなく、変更、改良することができる。なお、以下で参照する図面では、理解を容易にするために、各部材の寸法を変えて示す場合がある。

[0032] 図1は、本実施形態に係る光ファイバの製造方法によって製造される光ファイバの長手方向に垂直な断面の様子を示す図である。図1に示すように、本実施形態では、光ファイバ1は、コア10と、コア10の外周面を囲うクラッド11と、クラッド11の外周面を被覆する被覆層12とを主な構成として備える。光ファイバ1の長手方向と垂直な断面でのコア10の外形は円形とされ、当該コア10はクラッド11の中心に配置されている。なお、この断面でのクラッド11の外形は楕円形や多角形等の非円形としてもよい。

[0033] コア10の屈折率はクラッド11の屈折率よりも高くされる。本実施形態では、コア10はゲルマニウム（Ge）等の屈折率が高くなるドーパントが添加されたシリカガラスからなり、クラッド11は何ら添加物の無いシリカガラスからなる。なお、コア10は屈折率が高くなるドーパントが添加されたシリカガラスからなり、クラッド11はフッ素（F）等の屈折率が低くな

るドーパントが添加されたシリカガラスからなってもよい。また、コア 10 は何ら添加物の無いシリカガラスからなり、クラッド 11 は屈折率が低くなるドーパントが添加されたシリカガラスからなってもよい。

[0034] 被覆層 12 は、樹脂からなる。被覆層 12 を構成する樹脂として、例えば熱硬化性樹脂、紫外線硬化性樹脂が挙げられる。被覆層 12 は、クラッド 11 を囲う 1 つの樹脂の層からなる単層構造とされてもよく、複数の樹脂の層からなる多層構造とされてもよい。

[0035] 図 2 は、図 1 に示す光ファイバ 1 を製造するための光ファイバ用母材の長手方向に垂直な断面の様子を示す図である。図 2 に示すように、光ファイバ用母材 1 P は、コア 10 となるロッド状のコアガラス体 10 P と、コアガラス体 10 P の外周面を囲みクラッド 11 となるクラッドガラス体 11 P とから構成される。本実施形態では、光ファイバ用母材 1 P の長手方向と垂直な断面において、クラッドガラス体 11 P の外形は円形であり、コアガラス体 10 P はクラッドガラス体 11 P の中心に配置されている。また、この断面でのコアガラス体 10 P の外形は円形である。

[0036] 次に、本実施形態に係る光ファイバ用母材の製造方法、及び光ファイバの製造方法について説明する。

[0037] 図 3 は、本実施形態に係る光ファイバ用母材 1 P の製造方法、及び光ファイバ 1 の製造方法の工程を示すフローチャートである。図 3 に示すように、本実施形態の光ファイバ用母材 1 P の製造方法は、堆積工程 P 1 と、脱水工程 P 2 と、焼結工程 P 3 と、を備える。また、光ファイバ 1 の製造方法は、これら工程により製造された光ファイバ用母材 1 P を線引きする線引工程 P 4 を備える。

[0038] <堆積工程 P 1>

本工程は、ガラス微粒子を堆積させて多孔質ガラス体を形成する工程である。まず、本工程で用いる堆積装置について説明する。

[0039] 図 4 は、本工程で用いる堆積装置を概略的に示す図である。本実施形態の堆積装置 30 は、OVD 法により出発母材 20 にガラス微粒子 22 を堆積さ

せるように構成され、旋盤 31 と、バーナ 40 と、支持部 32 と、ガス供給源 50 と、制御部 C0 と、を主な構成として備える。

[0040] 本実施形態の出発母材 20 は、コア 10 となるコアガラス体 10P からなる棒状のコアロッドとされ、この出発母材 20 の長手方向と垂直な断面の形状は、概ね円形とされる。なお、出発母材 20 は、コアガラス体 10P からなるコアロッドの外周面がクラッドガラス体 11P と同じガラス体からなる被覆層で被覆されたガラスロッドであってもよい。

[0041] 制御部 C0 は、例えば、マイクロコントローラ、IC (Integrated Circuit)、LSI (Large-scale Integrated Circuit)、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) などの集積回路や NC (Numerical Control) 装置を用いることができる。また、制御部 C0 は、NC 装置を用いた場合、機械学習器を用いたものであってもよく、機械学習器を用いないものであってもよい。以下に説明するように、堆積装置 30 の幾つかの構成が制御部 C0 によって制御される。

[0042] 旋盤 31 は、出発母材 20 の両端部を把持して出発母材 20 を当該出発母材 20 の中心軸 20a 周りに回転させるように構成される。旋盤 31 は、制御部 C0 からの制御信号により、出発母材 20 の回転速度を調節する。

[0043] 図 5 は、本実施形態のバーナ 40 の射出口であるポート 40A をガスの射出側から見た様子を示す図である。図 5 に示すように、バーナ 40 は、第 1 原料ガス管 41 と、複数の第 2 原料ガス管 42 と、第 1 シールガス管 43 と、複数の第 2 シールガス管 44 と、複数の可燃性ガス管 45 と、複数の助燃性ガス管 46 と、保護カバー 47 と、を主に備える。なお、図 5 では、視認を容易にするため、これらガス管 41 ~ 46 及び保護カバー 47 に斜線を付しているが、当該斜線は管の断面を示すものではない。また、ガス管 42, 44, 45, 46 に関しては、2 つに符号を付して他のものに対する符号を省略している。

[0044] 第 1 原料ガス管 41 及び複数の第 2 原料ガス管 42 は、それぞれ原料ガスを流す管である。第 1 原料ガス管 41 の射出端側とは反対の端部には、連結

管 5 1 を介してガス供給源 5 0 が接続される。また、複数の第 2 原料ガス管 4 2 の射出端側とは反対の端部には、共用の連結管 5 2 を介してガス供給源 5 0 が接続される。原料ガスは、ガラス微粒子 2 2 の原料を含むガスであり、この原料として、例えば、オクタメチルシクロテトラシロキサン、四塩化ケイ素等が挙げられる。

[0045] 第 1 シールガス管 4 3 及び複数の第 2 シールガス管 4 4 は、それぞれシールガスを流す管である。第 2 シールガス管 4 4 と第 2 原料ガス管 4 2 とは対となっており、この対である第 1 のガス管対 P P 1 が複数配置されている。第 1 シールガス管 4 3 の射出端側とは反対の端部には、連結管 5 3 を介してガス供給源 5 0 が接続される。また、複数の第 2 シールガス管 4 4 の射出端側とは反対の端部には、共用の連結管 5 4 を介してガス供給源 5 0 が接続される。シールガスとして、例えば、窒素、アルゴン等の不活性ガスが挙げられる。

[0046] 複数の可燃性ガス管 4 5 は、それぞれ可燃性ガスを流す管である。これら可燃性ガス管 4 5 の射出端側とは反対の端部には、共用の連結管 5 5 を介してガス供給源 5 0 が接続される。可燃性ガスとして、例えば、水素、メタン、酸水素ガス等が挙げられる。

[0047] 複数の助燃性ガス管 4 6 は、それぞれ助燃性ガスを流す管である。助燃性ガス管 4 6 と可燃性ガス管 4 5 とは対となっており、この対である第 2 のガス管対 P P 2 が複数配置されている。これら助燃性ガス管 4 6 の射出端側とは反対の端部には、共用の連結管 5 6 を介してガス供給源 5 0 が接続される。助燃性ガスとして、例えば、酸素等が挙げられる。

[0048] 保護カバー 4 7 は、上記のガス管 4 1 ～ 4 6 を保護する筒状の部材であり、これらガス管 4 1 ～ 4 6 は、保護カバー 4 7 の内部空間に配置される。なお、バーナ 4 0 は、保護カバー 4 7 を備えなくてもよい。

[0049] 本実施形態では、ガス管 4 1 ～ 4 6 は円管とされ、ガス管 4 1 ～ 4 4 はガス管 4 5 内に非配置とされる。ガス管 4 1 ～ 4 6 及び保護カバー 4 7 を構成する材料として、例えば、ステンレス等の金属、石英ガラス等が挙げられる。

。

[0050] ガス供給源50は、第1原料ガス管41及び複数の第2原料ガス管42に原料ガスを供給し、第1シールガス管43及び複数の第2シールガス管44にシールガスを供給し、複数の可燃性ガス管45に可燃性ガスを供給し、複数の助燃性ガス管46に助燃性ガスを供給するように構成される。ガス供給源50は、これらガス管41～46へのガスの供給量を、個別に変更可能であり、制御部C0からの制御信号により、これらガスの供給量を調節する。なお、複数の第2原料ガス管42、複数の第2シールガス管44、複数の可燃性ガス管45、及び複数の助燃性ガス管46は、個別にガス供給源50に連結されてもよい。

[0051] 次に、それぞれのガス管の射出口であり、それぞれのガス管におけるガスが射出する領域であるポート41A～46Aの配置について説明する。それぞれのポート41A～46Aをガスの射出側から見る場合に、それぞれのポート41A～46Aは次のように配置される。

[0052] 第1原料ガス管41のポート41Aの外周は、全周に亘って第1シールガス管43のポート43Aによって囲われる。また、ポート43Aの周囲に、複数の第1のガス管対PP1のそれぞれが所定間隔ごとに配置される。それぞれの第1のガス管対PP1において、ポート42Aの外周は、全周に亘って第2シールガス管44のポート44Aによって囲われる。このように配置される複数のポート42Aは、ポート41A及びポート43Aを囲い、ポート43Aを基準とするポート41A側と反対側に位置する。

[0053] 本実施形態では、ポート43Aは円環状であり、ポート41A及びポート43Aの中心は、保護カバー47の中心軸と概ね一致している。また、ポート41Aの中心を中心としポート43Aの外径より大きい直径の円C1上に、ポート42Aが所定間隔ごとに配置される。また、ポート44Aは円環状であり、ポート42Aの中心とポート44Aの中心は、概ね一致している。

[0054] 複数の第1のガス管対PP1のそれぞれにおける第2シールガス管44のポート44Aを基準とする第1原料ガス管41のポート41A側と反対側に

は、複数の第2のガス管対PP2のそれぞれにおける助燃性ガス管46のポート46Aが所定間隔ごとに配置される。それぞれの第2のガス管対PP2において、ポート46Aの外周は、全周に亘って可燃性ガス管45のポート45Aによって囲われる。このように配置される複数のポート45Aは、複数のポート42Aを囲うとともに、ポート41Aも囲い、ポート43Aを基準とするポート41A側と反対側かつポート44Aを基準とするポート42A側と反対側に位置する。

[0055] 本実施形態では、ポート41Aの中心を中心とし上記の円C1の直径より大きい直径の円C2上に、それぞれのポート45Aが所定間隔ごとに配置される。また、ポート45Aの中心とポート46Aの中心とは、概ね一致している。

[0056] また、本実施形態では、第1原料ガス管41の内径は複数の第2原料ガス管42のそれぞれの内径より大きく、ポート41Aの面積はそれぞれのポート42Aの面積より大きい。また、ポート43Aの幅とポート44Aの幅は概ね同じである。また、全ての第2原料ガス管42のポート42Aを囲う最小の円C3の直径は、出発母材20の外径より小さい。本実施形態では、この円C3に全てのポート42Aが内接しているが、これに限らない。

[0057] 支持部32は、バーナ40から出発母材20に向かってガスが射出するようにバーナ40を支持する。本実施形態では、支持部32は、ポート41Aの中心を通りバーナ40のガスの射出方向と平行な直線L1が出発母材20の中心軸20aと概ね垂直に交わるようにバーナ40を支持する。そして、バーナ40のガス射出方向に沿って見る場合に、全ての第2原料ガス管42のポート42Aの全体が出発母材20と重なる。この支持部32は、出発母材20の長手方向に沿って往復移動可能であるとともに、直線L1と概ね平行で出発母材20から離隔する方向に移動可能に構成され、制御部C0からの制御信号により移動する。

[0058] 次に、堆積工程P1について説明する。

[0059] 本工程では、まず、上記の出発母材20を準備して旋盤31に当該出発母

材 20 を把持させる。本実施形態では、出発母材 20 の外径は上記の円 C 3 の直径より大きい。旋盤 31 は、制御部 C0 からの制御信号により、出発母材 20 を中心軸 20 a 周りに所定の速度で回転させる。支持部 32 は、制御部 C0 からの制御信号により、出発母材 20 の長手方向に沿って繰り返し往復移動し、バーナ 40 が出発母材 20 の長手方向に沿って繰り返し往復移動する。ガス供給源 50 は、制御部 C0 からの制御信号により、バーナ 40 に、原料ガス、シールガス、可燃性ガス、及び助燃性ガスをそれぞれ所定の流量で供給し、バーナ 40 はこれらガスを射出する。バーナ 40 から射出する可燃性ガス及び助燃性ガスの燃焼によって火炎が形成され、当該火炎内に原料が放出される。この原料が加水分解反応または燃焼反応してシリカガラスとなり、ガラス微粒子 22 が生成される。このガラス微粒子 22 は、直線 L1 と概ね平行な方向に進み、出発母材 20 に向かう。

[0060] 図 6 は、本工程における当初の様子を示す断面図であり、図 7 は、本工程における所定の期間経過したときの様子を示す断面図である。図 6 及び図 7 は、中心軸 20 a と平行な方向から見る図である。図 6 に示すように、当初では、生成されるガラス微粒子 22 は、回転する出発母材 20 の外周面に吹き付けられ、時間の経過とともに出発母材 20 の外周面を被覆するようにガラス微粒子 22 が堆積する。出発母材 20 の長手方向と垂直な断面の形状は概ね円形であるため、当初においてガラス微粒子 22 が吹き付けられる領域 60 は、バーナ 40 側に凸状に湾曲した曲面状であると理解できる。

[0061] 図 8 は、この領域 60 をバーナ 40 側から見る図である。上記のように、複数の第 2 原料ガス管 42 のポート 42 A は、第 1 原料ガス管 41 のポート 41 A を囲うように配置される。このため、この領域 60 における中心部 61 には、ポート 41 A から射出する原料ガスに由来するガラス微粒子 22 が主に吹き付けられる。一方、この中心部 61 を囲う外周部 62 には、複数のポート 42 A から射出する原料ガスに由来するガラス微粒子 22 が主に吹き付けられる。なお、中心部 61 は、ポート 41 A より広く、直線 L1 と交わる。

[0062] ガラス微粒子 22 の堆積を始めてから所定の期間経過して出発母材 20 の外周面がガラス微粒子 22 によって覆われる状態では、図 7 に示すように、ガラス微粒子 22 は、多孔質ガラス体 21 の外周面に吹き付けられる。そして、時間の経過とともにガラス微粒子 22 の堆積により多孔質ガラス体 21 の外径が大きくなる。出発母材 20 は中心軸 20a 周りに回転しているため、出発母材 20 の長手方向に沿って見る場合の多孔質ガラス体 21 の外形は概ね円形となる。このため、ガラス微粒子 22 が吹き付けられる領域 65 は、バーナ 40 側に凸状に湾曲した曲面状であると理解できる。

[0063] 図 9 は、この領域 65 をバーナ 40 側から見る図である。ガラス微粒子 22 の堆積を始める当初と同様に、この領域 65 における中心部 66 には、ポート 41A から射出する原料ガスに由来するガラス微粒子 22 が主に吹き付けられる。また、外周部 67 には、複数のポート 42A から射出する原料ガスに由来するガラス微粒子 22 が主に吹き付けられる。なお、中心部 66 は、ポート 41A より広く、直線 L1 と交わる。

[0064] このように、制御部 C0 は、旋盤 31、支持部 32、及びガス供給源 50 を制御し、必要な回数だけバーナ 40 を往復移動させて所定の重量の多孔質ガラス体 21 を形成する。

[0065] ここで、複数の第 2 原料ガス管 42 のそれぞれのポート 42A から射出する原料ガスの流速は、第 1 原料ガス管 41 のポート 41A から射出する原料ガスの流速より遅い。換言すれば、制御部 C0 は、原料ガスの流速がこのようになるように、ガス供給源 50 を制御する。また、本実施形態では、制御部 C0 は、時間の経過とともにそれぞれのポート 42A から射出する原料ガスの流速が速くなり当該流速がポート 41A から射出する原料ガスの流速に近づくように、ガス供給源 50 を制御する。なお、ポート 42A から射出する原料ガスの流速は、ポート 41A から射出する原料ガスの流速以上とならない。また、制御部 C0 は、時間の経過とともにバーナ 40 が出発母材 20 から離隔する方向に移動するように支持部 32 を制御し、バーナ 40 のポート 40A と多孔質ガラス体 21 との距離を概ね一定に維持する。ガラス微粒

子22の大きさは、ポート40Aからの距離によって変化する傾向にあるため、上記のようにバーナ40を移動させることで、大きさが概ね同じガラス微粒子22が堆積され、多孔質ガラス体21のかさ密度を概ね一定にできる。また、制御部C0は、第1シールガス管43のポート43Aから射出するシールガスの流速と、第2シールガス管44のポート44Aから射出するシールガスの流速とが同じとなるように、ガス供給源50を制御する。なお、ポート43Aから射出するシールガスの流速をポート44Aから射出するシールガスの流速より速くしてもよく、遅くしてもよい。

[0066] なお、光ファイバ1のクラッド11がドーパントが添加されたシリカガラスからなる場合、例えば原料ガスをこのドーパントまたはドーパントの化合物を含むガスに変更する。

[0067] <脱水工程P2>

本工程は、堆積工程P1で形成された多孔質ガラス体21を脱水処理する工程である。図10は、本工程の様子を示す図である。図10に示すように、本実施形態では、收容空間75を有する炉心管71と、当該炉心管71を加熱する発熱体72とを備える加熱炉70を用いて、多孔質ガラス体21を脱水処理する。まず、支持棒76に多孔質ガラス体21を吊り下げ、当該多孔質ガラス体21を炉心管71の收容空間75に收容させる。次に、炉心管71に設けられる給気口77から脱水処理用ガスを收容空間75に供給しつつ、発熱体72によって炉心管71を加熱することで多孔質ガラス体21を加熱する。炉心管71には排気口78が設けられており、收容空間75内のガスは当該排気口78から排気される。脱水処理用ガスとして、例えば、塩素、四塩化ケイ素等の塩素系ガスとヘリウム、アルゴン等の不活性ガスとの混合ガスが挙げられる。脱水処理用ガスによって多孔質ガラス体21におけるOH基（水酸基）や多孔質ガラス体21に付着した水分が除去され、多孔質ガラス体21が脱水処理される。多孔質ガラス体21を加熱する温度は、多孔質ガラス体21の焼結温度より低くかつ多孔質ガラス体21からOH基を脱離できる温度であればよい。また、本工程は脱水処理ができればよく、

加熱炉 70 の構成や脱水方法は特に制限されるものではない。

[0068] <焼結工程 P 3>

本工程は、脱水工程 P 2 で脱水処理された多孔質ガラス体 21 を焼結する工程である。本実施形態では、上記の加熱炉 70 を用いて、多孔質ガラス体 21 を加熱することで当該多孔質ガラス体 21 を透明ガラス化する。なお、本工程では、給気口 77 から焼結処理用ガスを収容空間 75 に供給しつつ、多孔質ガラス体 21 を加熱する。焼結処理用ガスとして、例えば、ヘリウム、アルゴン等の不活性ガスが挙げられる。また、多孔質ガラス体 21 を加熱する温度は、多孔質ガラス体 21 が焼結して透明ガラス化する温度であればよい。また、本工程は多孔質ガラス体 21 を焼結できればよく、加熱炉 70 の構成や焼結方法は特に制限されるものではない。

[0069] 本工程において、出発母材 20 はほとんど変化することなく図 2 に示すコアガラス体 10P となる。また、多孔質ガラス体 21 が透明ガラス化されてクラッドガラス体 11P となる。こうして、図 2 に示す光ファイバ用母材 1P を得る。なお、本実施形態では、光ファイバ用母材 1P の製造装置は、上記のように、堆積装置 30 と加熱炉 70 とを含む。

[0070] <線引工程 P 4>

図 11 は、本工程の様子を示す図である。

[0071] まず、本工程を行う準備段階として、堆積工程 P 1 から焼結工程 P 3 により製造された光ファイバ用母材 1P を紡糸炉 110 に設置する。そして、紡糸炉 110 の加熱部 111 を発熱させて、光ファイバ用母材 1P を加熱する。このとき光ファイバ用母材 1P の下端部は、熔融状態となる。そして、光ファイバ用母材 1P の下端部からガラス線が引き出される。この線引きされたガラス線は、紡糸炉 110 から出ると、すぐに固化して、コアガラス体 10P がコア 10 となり、クラッドガラス体 11P がクラッド 11 となり、コア 10 とクラッド 11 とから構成される光ファイバ裸線 1N となる。この光ファイバ裸線 1N は、冷却装置 120 を通過して、適切な温度まで冷却される。

[0072] 次に、この光ファイバ裸線 1 N は、被覆層 1 2 となる未硬化状態の樹脂が貯留された塗布部 1 3 1 を通過して、この樹脂によって被覆される。樹脂が被覆された光ファイバ裸線 1 N は、硬化部 1 3 2 を通過して、樹脂が硬化して被覆層 1 2 が形成され、図 1 に示す光ファイバ 1 となる。この光ファイバ 1 は、ターンプリー 1 4 1 により方向が変換され、巻き取り部 1 4 2 により巻き取られる。こうして、図 1 に示す光ファイバ 1 が製造される。

[0073] 以上説明したように、本実施形態の光ファイバ用母材 1 P の製造方法は、バーナ 4 0 から原料ガス及び可燃性ガスを含むガスを射出してガラス微粒子 2 2 を堆積させて多孔質ガラス体 2 1 を形成する堆積工程 P 1 を含む。バーナ 4 0 は、原料ガスを流す第 1 原料ガス管 4 1 及び複数の第 2 原料ガス管 4 2 と、可燃性ガスを流す可燃性ガス管 4 5 とを有する。複数の第 2 原料ガス管 4 2 のポート 4 2 A は、第 1 原料ガス管 4 1 のポート 4 1 A を囲うように配置されている。堆積工程 P 1 において、それぞれのポート 4 2 A から射出する原料ガスの流速をポート 4 1 A から射出する原料ガスの流速より遅くする。

[0074] また、本実施形態の光ファイバ用母材 1 P の製造装置は、バーナ 4 0 とガス供給源 5 0 とを備える。バーナ 4 0 は、原料ガスを流す第 1 原料ガス管 4 1 及び複数の第 2 原料ガス管 4 2 と、可燃性ガスを流す複数の可燃性ガス管 4 5 と、を有する。このバーナ 4 0 は、原料ガス及び可燃性ガスを含むガスを射出してガラス微粒子 2 2 を堆積させて多孔質ガラス体 2 1 を形成する。ガス供給源 5 0 は、それぞれのポート 4 2 A から射出する原料ガスの流速がポート 4 1 A から射出する原料ガスの流速より遅くなるように、第 1 原料ガス管 4 1 及び複数の第 2 原料ガス管 4 2 に原料ガスを供給する。複数のポート 4 2 A は、ポート 4 1 A を囲うように配置されている。

[0075] 本実施形態では、図 6 に示すように、堆積を始める当初にガラス微粒子 2 2 が吹き付けられる領域 6 0 は、出発母材 2 0 の外周面である。また、図 7 に示すように、堆積を始めてから所定の期間経過したときにガラス微粒子 2 2 が吹き付けられる領域 6 5 は、多孔質ガラス体 2 1 の外周面である。これ

ら領域60, 65は、バーナ40側に凸状に湾曲した曲面状である。領域60, 65がこのような曲面状である場合、領域60, 65の外周部62, 67の一部での垂線とこの一部に向かうガラス微粒子22の進行方向とのなす角は、中心部61, 66での垂線とガラス微粒子22の進行方向とのなす角より大きくなる。

[0076] 図6及び図8に示すように、外周部62のうちバーナ40のガスの射出方向及び中心軸20aに垂直な方向において中心部61より外側の部位62eでの垂線N62eは、中心部61での垂線N61と非平行である。そして、部位62eでの垂線N62eと当該部位62eに向かうガラス微粒子22の進行方向とのなす角は、中心部61での垂線N61と中心部61に向かうガラス微粒子22の進行方向とのなす角より大きい。なお、図8では、外周部62における部位62eと他の部位との境界が破線で示されている。また、図7及び図9に示すように、外周部67うちバーナ40のガスの射出方向及び中心軸20aに垂直な方向において中心部66より外側の部位67eでの垂線N67eは、中心部66での垂線N66と非平行である。そして、部位67eでの垂線N67eと当該部位67eに向かうガラス微粒子22の進行方向とのなす角は、中心部66での垂線N66と中心部66に向かうガラス微粒子22の進行方向とのなす角より大きい。なお、図9では、外周部67における部位67eと他の部位との境界が破線で示されている。

[0077] 一般的に、ガラス微粒子22の進行方向と当該ガラス微粒子22が吹き付けられる部位の垂線とのなす角が大きくなるにつれて、ガラス微粒子22は吹き付けられた際に跳ね返り易くなる傾向にある。また、ガラス微粒子22が面に非垂直な方向から吹き付けられる場合、ガラス微粒子22は、速度が遅くなるにつれて跳ね返りにくくなる傾向にある。本実施形態の製造方法及び製造装置では、上記のように、第2原料ガス管42のそれぞれのポート42Aから射出する原料ガスの流速は、第1原料ガス管41のポート41Aから射出する原料ガスの流速より遅い。このため、外周部62に吹き付けられるガラス微粒子22の速度を中心部61に吹き付けられるガラス微粒子22

の速度より遅くし得る。このため、本実施形態の製造方法及び製造装置によれば、外周部 6 2 に吹き付けられるガラス微粒子 2 2 の速度が中心部 6 1 での速度以上である場合と比べて、外周部 6 2, 6 7 の上記部位 6 2 e, 6 7 e でのガラス微粒子 2 2 の跳ね返りを抑制し得る。従って、本実施形態の製造方法及び製造装置によれば、この場合と比べてガラス微粒子 2 2 の堆積効率が低下して光ファイバ用母材 1 P の製造効率が低下することを抑制し得、その結果、光ファイバ 1 の製造効率の低下を抑制し得る。

[0078] また、本実施形態では、それぞれのポート 4 2 A は、ポート 4 1 A の周囲に所定間隔ごとに配置される。このため、本実施形態の製造方法及び製造装置によれば、隣接するポート 4 2 A の距離が一定でない場合と比べて、ガラス微粒子 2 2 の生成を周方向において均一に近づけることができ、多孔質ガラス体 2 1 のかさ密度を均一に近づけ得る。

[0079] また、本実施形態では、第 1 原料ガス管 4 1 の内径は、複数の第 2 原料ガス管 4 2 のそれぞれの内径より大きい。一般的に、管の内径が大きくなるにつれて、当該管における圧力損失が小さくなる傾向にある。このため、例えば、これら原料ガス管 4 1, 4 2 に同じ圧力で原料ガスを供給しても、第 2 原料ガス管 4 2 のポート 4 2 A から射出する原料ガスの流速を第 1 原料ガス管 4 1 のポート 4 1 A から射出する原料ガスの流速より遅くし得る。このため、これら原料ガス管 4 1, 4 2 に異なる圧力で原料ガスを供給する場合と比べて、ガス供給源 5 0 の構成を簡易にし得る。例えば、ガス供給源 5 0 は、タンクに所定の圧力で原料ガスを供給する構成としてもよい。この場合、このタンクに原料ガス管 4 1, 4 2 を接続する。このような構成であっても、ポート 4 2 A から射出する原料ガスの流速をポート 4 1 A から射出する原料ガスの流速より遅くし得る。また、このような構成にすることで、例えばガス供給源 5 0 に起因する原料ガスの脈動をタンクによって抑制でき、バーナ 4 0 から射出する原料ガスの流れが乱れることを抑制し得る。

[0080] また、本実施形態では、棒状の出発母材 2 0 の外周面にガラス微粒子 2 2 を堆積させ、バーナ 4 0 のガス射出方向に沿って見る場合に、全ての第 2 原

料ガス管 4 2 のポート 4 2 A の全体が出発母材 2 0 と重なる。このため、本実施形態の製造方法及び製造装置によれば、バーナ 4 0 のガス射出方向に沿って見る場合に第 2 原料ガス管 4 2 のポート 4 2 A の少なくとも一部が出発母材 2 0 と重ならない場合と比べて、堆積を始める当初におけるガラス微粒子 2 2 の堆積効率を向上させることができる。

[0081] また、本実施形態では、時間の経過とともに複数の第 2 原料ガス管 4 2 のそれぞれのポート 4 2 A から射出する原料ガスの流速を第 1 原料ガス管 4 1 のポート 4 1 A から射出する原料ガスの流速に近づける。前述のように、時間の経過とともに多孔質ガラス体 2 1 の外径が大きくなる。このため、ガラス微粒子 2 2 が吹き付けられる領域 6 5 の曲率半径が時間の経過とともに大きくなり、この領域 6 5 の外周部 6 7 での垂線とガラス微粒子 2 2 の進行方向とのなす角が時間の経過とともに小さくなる。このため、外周部 6 7 に吹き付けられるガラス微粒子 2 2 は時間の経過とともに跳ね返りにくくなる。従って、本実施形態の製造方法及び製造装置によれば、外周部 6 7 でのガラス微粒子 2 2 の跳ね返りを抑制しつつガラス微粒子 2 2 の堆積速度を向上し得る。なお、それぞれのポート 4 2 A から射出する原料ガスの流速は一定であってもよい。

[0082] また、本実施形態では、バーナ 4 0 は、シールガスを流す第 1 シールガス管 4 3 を更に備え、原料ガス、可燃性ガス、及びシールガスを含むガスを射出する。第 1 シールガス管 4 3 のポート 4 3 A は、第 1 原料ガス管 4 1 のポート 4 1 A を囲うように配置される。第 2 原料ガス管 4 2 のポート 4 2 A 及び可燃性ガス管 4 5 のポート 4 5 A は、ポート 4 3 A を基準とするポート 4 1 A 側と反対側に配置される。このため、本実施形態の製造方法及び製造装置によれば、ポート 4 1 A の近傍でガラス微粒子 2 2 が生成されることを抑制し得、ガラス微粒子 2 2 の第 1 原料ガス管 4 1 への付着を抑制し得る。

[0083] また、本実施形態では、バーナ 4 0 は、第 2 原料ガス管 4 2 とシールガスを流す第 2 シールガス管 4 4 とからなる第 1 のガス管対 P P 1 を複数備える。それぞれの第 1 のガス管対 P P 1 において、第 2 シールガス管 4 4 のポー

ト４４Ａは、第２原料ガス管４２のポート４２Ａを囲う。可燃性ガス管４５のポート４５Ａは、ポート４４Ａを基準とするポート４２Ａ側と反対側に配置される。このため、本実施形態の製造方法及び製造装置によれば、ガラス微粒子２２の第１原料ガス管４１及び第２原料ガス管４２への付着を抑制し得る。また、本実施形態の製造方法及び製造装置によれば、複数のポート４２Ａを１つのポート４４Ａの内側に配置する場合と比べて、ポート４４Ａの面積を小さくし得る。従って、本実施形態の製造方法及び製造装置によれば、この場合と比べて、射出するシールガス全体の流量を少なくし得、シールガスによってガラス微粒子２２が生成されにくくなることを抑制し得、ガラス微粒子の堆積効率を向上し得る。

[0084] また、本実施形態では、第１原料ガス管４１及び複数の第２原料ガス管４２は、可燃性ガス管４５内に非配置とされる。安全性の観点から、可燃性ガス管に供給される可燃性ガスの温度は、一般的に低い温度、例えば原料ガスの温度よりも低い温度とされる。このため、本実施形態の製造方法及び製造装置によれば、可燃性ガス管４５内に第１原料ガス管４１及び複数の第２原料ガス管４２が配置される場合と比べて、可燃性ガスによって原料ガスが冷却されてガラス微粒子２２が生成されにくくなることを抑制し得る。

[0085] また、本実施形態では、バーナ４０は、可燃性ガス管４５と助燃性ガスを流す助燃性ガス管４６とからなる複数の第２のガス管対ＰＰ２を備え、原料ガス、可燃性ガス、及び助燃性ガスを含むガスを射出する。それぞれの第２のガス管対ＰＰ２において、可燃性ガス管４５のポート４５Ａは助燃性ガス管４６のポート４６Ａを囲う。このため、本実施形態の製造方法及び製造装置によれば、可燃性ガスを効果的に燃焼させ得る。なお、可燃性ガスを効果的に燃焼させる観点では、それぞれの第２のガス管対ＰＰ２において、ポート４５Ａ及びポート４６Ａの一方が他方を囲えばよく、ポート４６Ａがポート４５Ａを囲ってもよい。

[0086] また、本実施形態の光ファイバ１の製造方法は、上記の製造方法により製造される光ファイバ用母材１Ｐを線引きする線引工程Ｐ４を備える。このた

め、光ファイバ1の製造効率の低下を抑制し得る。

[0087] 以上、本発明について、上記実施形態を例に説明したが、本発明はこれらに限定されるものではない。

[0088] 例えば、上記実施形態では、複数の第2原料ガス管42を有するバーナ40を例に説明した。しかし、バーナ40における第2原料ガス管42のポート42Aが第1原料ガス管41のポート41Aを囲うように配置されていればよい。例えば、図12に示すように、第2原料ガス管42は1つとされてもよい。なお、図12は、本発明の変形例に係るバーナ40のポートを図5と同様に示す図であり、上記実施形態と同一又は同等の構成要素については、同一の参照符号を付して特に説明する場合を除き重複する説明は省略する。

[0089] 本変形例のバーナ40では、第1シールガス管43のポート43Aの外周は、全周に亘ってポート42Aによって囲われる。このため、第1原料ガス管41のポート41Aもこのポート42Aによって囲われる。ポート42Aの外周は、全周に亘ってポート44Aによって囲われる。このような構成であっても、ポート42Aから射出する原料ガスの流速をポート41Aから射出する原料ガスの流速より遅くすることによって、上記実施形態と同様にして、ガラス微粒子22の堆積効率が低下して光ファイバ用母材1Pの製造効率が低下することを抑制し得る。また、本変形例のバーナ40では、ポート42Aは円環状であり、当該ポート42Aの外周が全周に亘ってポート44Aによって囲われる。このため、ポート43Aから出射するシールガスによってポート41Aから出射する原料ガスの拡散を抑制するとともに、ポート44Aから出射するシールガスによってポート41A及びポート42Aから出射する原料ガスの拡散を抑制し得る。なお、このバーナ40は第1シールガス管43を備えなくてもよい。

[0090] また、上記実施形態及び変形例では、それぞれの第2のガス管対PP2において、ポート45Aがポート46Aを囲うバーナ40を例に説明した。しかし、ポート45A及びポート46Aの一方が他方を囲わなくてもよく、可

燃性ガス管 4 5 と助燃性ガス管 4 6 とが対となっていなくてもよく、これらガス管 4 5, 4 6 の数も制限されない。例えば、可燃性ガス管 4 5 の数が 1 つとされてもよく、この場合、例えば、少なくともバーナ 4 0 の射出側の端部において、1 つの可燃性ガス管 4 5 内に他のガス管 4 1, 4 2, 4 3, 4 4, 4 6 が配置されてもよい。また、第 2 シールガス管 4 4 は 1 つとされ、少なくともバーナ 4 0 の射出側の端部において、この第 2 シールガス管 4 4 内に原料ガス管 4 1, 4 2 が配置されてもよく、この場合、バーナ 4 0 は第 1 シールガス管 4 3 を備えなくてもよい。また、上記実施形態及び変形例では、ポート 4 3 A がポート 4 1 A の外周を全周に亘って囲い、ポート 4 4 A がポート 4 2 A の外周を全周に亘って囲うバーナ 4 0 を例に説明した。しかし、ポート 4 3 A はポート 4 1 A の外周の少なくとも一部を囲っていればよく、ポート 4 4 A はポート 4 2 A の外周の少なくとも一部を囲っていればよい。また、第 1 シールガス管 4 3、第 2 シールガス管 4 4、及び助燃性ガス管 4 6 の全てが省略されていてもよく、これらガス管 4 3, 4 4, 4 6 における 1 つまたは 2 つが省略されてもよい。

[0091] また、上記実施形態及び変形例では、各ポートの外形状が円形とされるバーナ 4 0 を例に説明した。しかし、各ポートの外形状は円形以外の形状であってもよい。また、各ポートは同一の平面上に配置されていても配置されていなくてもよい。

[0092] また、上記実施形態では、OVD法を用いる堆積工程 P 1 を例に説明した。しかし、堆積工程では、バーナから原料ガス及び可燃性ガスを含むガスを射出してガラス微粒子を堆積させて多孔質ガラス体を形成すればよい。例えば、VAD法を用いて棒状の出発母材の一方の端部に当該出発母材の長手方向にガラス微粒子を堆積させてもよい。この場合、所定の期間経過した際にガラス微粒子が吹き付けられる部材は、堆積したガラス微粒子から成る多孔質ガラス体である。一般的にバーナから射出するガスは拡散する傾向にあり、ガラス微粒子が吹き付けられる領域の外周部に堆積するガラス微粒子の量は、中心部と比べて少なくなる傾向にある。このため、ガラス微粒子が吹き

付けられる領域は、バーナ側に凸状に湾曲した曲面状となる傾向にあり、この領域の外周部での垂線とガラス微粒子の進行方向とのなす角は、中心部と比べて大きくなる傾向にある。従って、VAD法を用いて多孔質ガラス体を形成しても、上記実施形態と同様にして、ガラス微粒子の堆積効率が低下して光ファイバ用母材 1 P の製造効率が低下することを抑制し得る。

[0093] 以上説明したように、本発明によれば、光ファイバの製造効率の低下を抑制し得る光ファイバ用母材の製造装置、及び光ファイバ用母材の製造方法が提供され、光ファイバ通信等の分野で利用することが期待される。

請求の範囲

- [請求項1] バーナから原料ガス及び可燃性ガスを含むガスを射出してガラス微粒子を堆積させて多孔質ガラス体を形成する堆積工程を備え、
- 前記バーナは、前記原料ガスを流す第1原料ガス管及び第2原料ガス管と、前記可燃性ガスを流す可燃性ガス管とを有し、
- 前記第2原料ガス管のポートは、前記第1原料ガス管のポートを囲うように配置され、
- 前記堆積工程において、前記第2原料ガス管のポートから射出する前記原料ガスの流速を前記第1原料ガス管のポートから射出する前記原料ガスの流速より遅くすることを特徴とする光ファイバ用母材の製造方法。
- [請求項2] 前記バーナは、前記第2原料ガス管を複数有し、
- 複数の前記第2原料ガス管のそれぞれのポートは、前記第1原料ガス管のポートの周囲に所定間隔ごとに配置される
- ことを特徴とする請求項1に記載の光ファイバ用母材の製造方法。
- [請求項3] 前記第1原料ガス管の内径は、複数の前記第2原料ガス管のそれぞれの内径より大きい
- ことを特徴とする請求項2に記載の光ファイバ用母材の製造方法。
- [請求項4] 前記堆積工程において、棒状の出発母材の外周面に前記ガラス微粒子を堆積させ、
- 前記バーナのガス射出方向に沿って見る場合に、全ての前記第2原料ガス管のポートの全体が前記出発母材と重なる
- ことを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載の光ファイバ用母材の製造方法。
- [請求項5] 前記堆積工程において、時間の経過とともに前記第2原料ガス管のポートから射出する前記原料ガスの流速を前記第1原料ガス管のポートから射出する前記原料ガスの流速に近づける
- ことを特徴とする請求項1から4のいずれか1項に記載の光ファイバ

用母材の製造方法。

[請求項6] 前記バーナは、シールガスを流す第1シールガス管を更に備え、前記原料ガス、前記可燃性ガス、及び前記シールガスを含むガスを射出し、

前記第1シールガス管のポートは、前記第1原料ガス管のポートを囲うように配置され、

前記第2原料ガス管のポート及び前記可燃性ガス管のポートは、前記第1シールガス管のポートを基準とする前記第1原料ガス管のポート側と反対側に配置される

ことを特徴とする請求項1から5のいずれか1項に記載の光ファイバ用母材の製造方法。

[請求項7] 前記バーナは、前記シールガスを流す第2シールガス管を更に備え、

前記第2シールガス管のポートは、前記第2原料ガス管のポートを囲うように配置され、

前記可燃性ガス管のポートは、前記第2シールガス管のポートを基準とする前記第2原料ガス管のポート側と反対側に配置される

ことを特徴とする請求項6に記載の光ファイバ用母材の製造方法。

[請求項8] 前記バーナは、前記第2原料ガス管と前記第2シールガス管とからなる複数の第1のガス管対を備え、

複数の前記第1のガス管対のそれぞれにおける前記第2原料ガス管のポートは、前記第1原料ガス管のポートの周囲に所定間隔ごとに配置され、

それぞれの前記第1のガス管対において、前記第2シールガス管のポートは、前記第2原料ガス管のポートを囲う

ことを特徴とする請求項7に記載の光ファイバ用母材の製造方法。

[請求項9] 前記堆積工程において、前記第1シールガス管のポートから射出する前記シールガスの流速を前記第2シールガス管のポートから射出す

る前記シールガスの流速より速くする

ことを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の光ファイバ用母材の製造方法。

[請求項10] 前記第 1 原料ガス管及び前記第 2 原料ガス管は、前記可燃性ガス管内に非配置とされる

ことを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の光ファイバ用母材の製造方法。

[請求項11] 前記バーナは、前記可燃性ガス管と助燃性ガスを流す助燃性ガス管とからなる複数の第 2 のガス管対を備え、前記原料ガス、前記可燃性ガス、及び前記助燃性ガスを含むガスを射出し、

それぞれの前記第 2 のガス管対において、前記可燃性ガス管のポート及び前記助燃性ガス管のポートの一方は、他方を囲う

ことを特徴とする請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載の光ファイバ用母材の製造方法。

[請求項12] 原料ガスを流す第 1 原料ガス管及び第 2 原料ガス管と可燃性ガスを流す可燃性ガス管とを有し前記原料ガス及び前記可燃性ガスを含むガスを射出してガラス微粒子を堆積させて多孔質ガラス体を形成するバーナと、

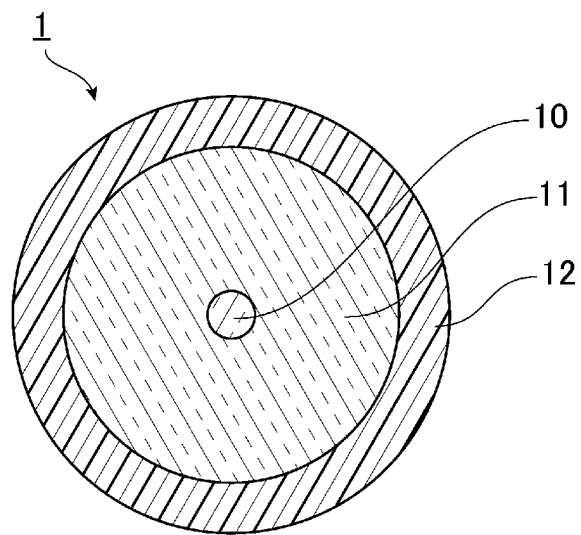
前記第 2 原料ガス管のポートから射出する前記原料ガスの流速が前記第 1 原料ガス管のポートから射出する前記原料ガスの流速より遅くなるように前記第 1 原料ガス管及び前記第 2 原料ガス管のそれぞれに前記原料ガスを供給するとともに、前記可燃性ガス管に前記可燃性ガスを供給するガス供給源と、

を備え、

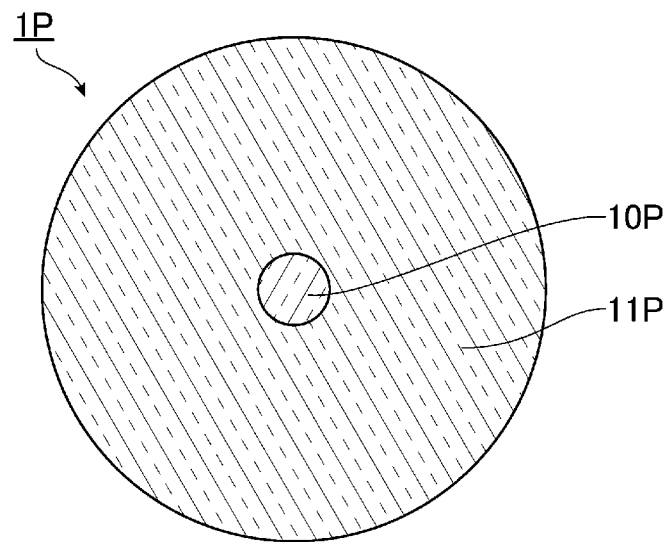
前記第 2 原料ガス管のポートは、前記第 1 原料ガス管のポートを囲うように配置される

ことを特徴とする光ファイバ用母材の製造装置。

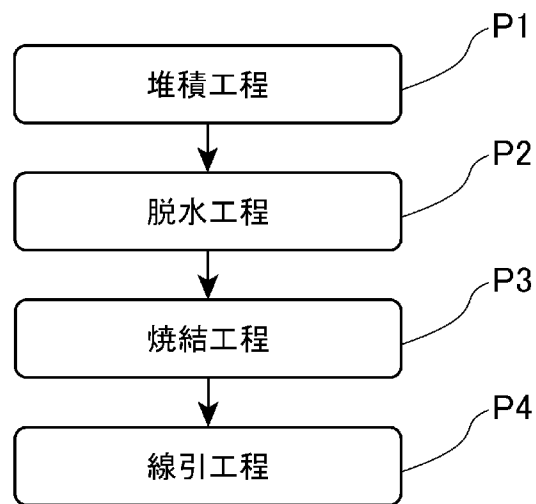
[図1]



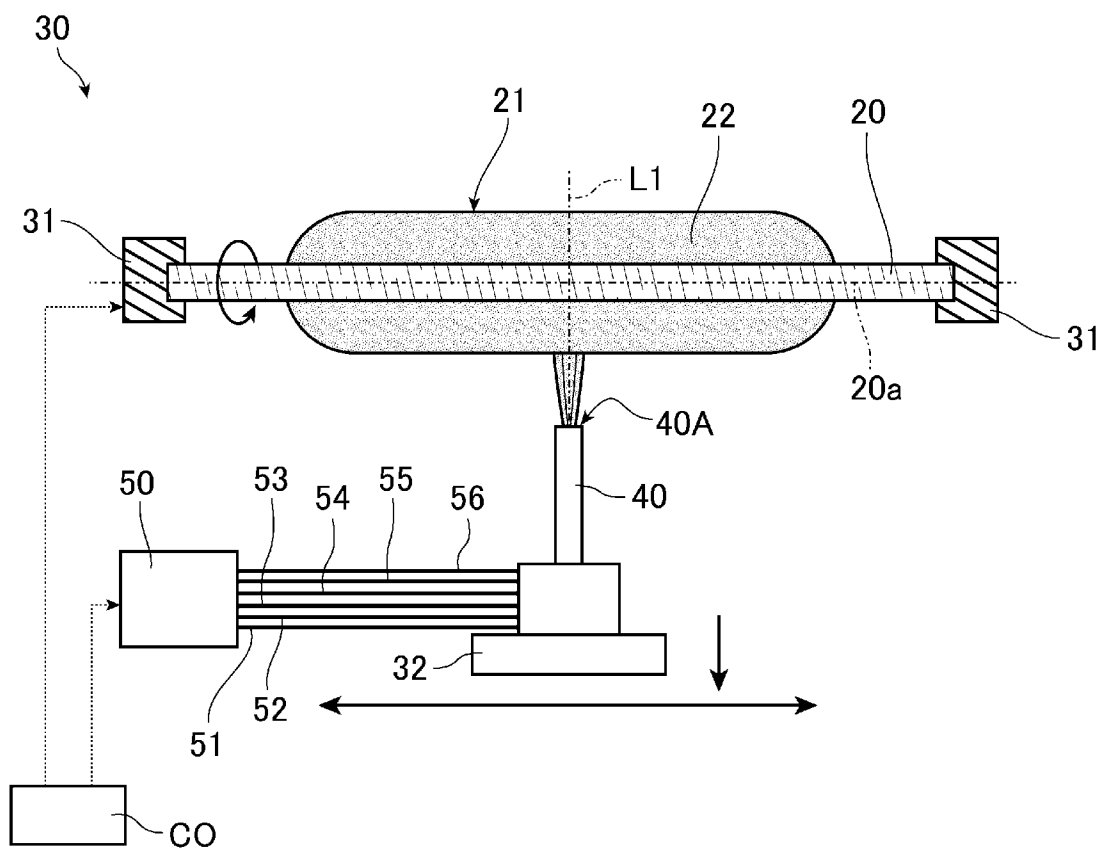
[図2]



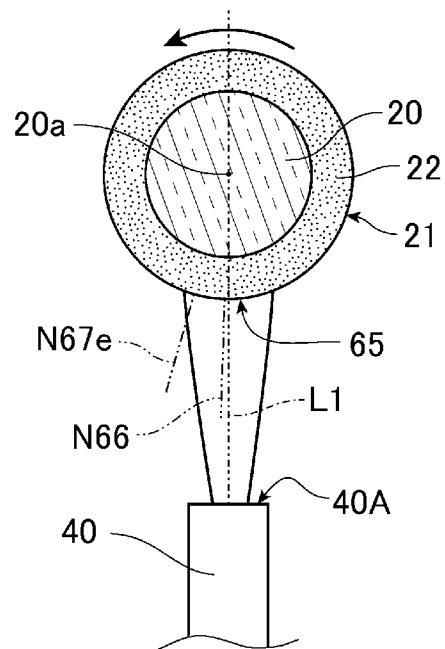
[図3]



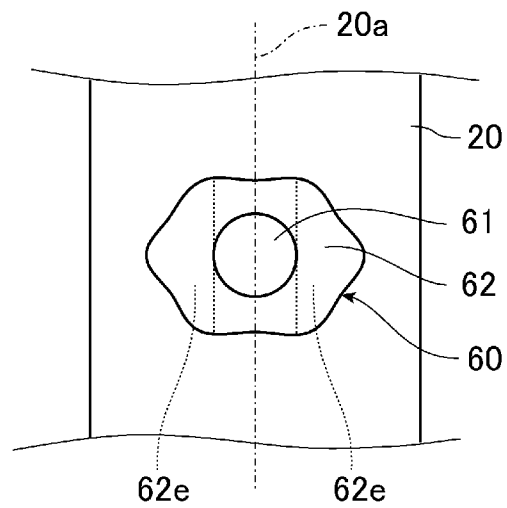
[図4]



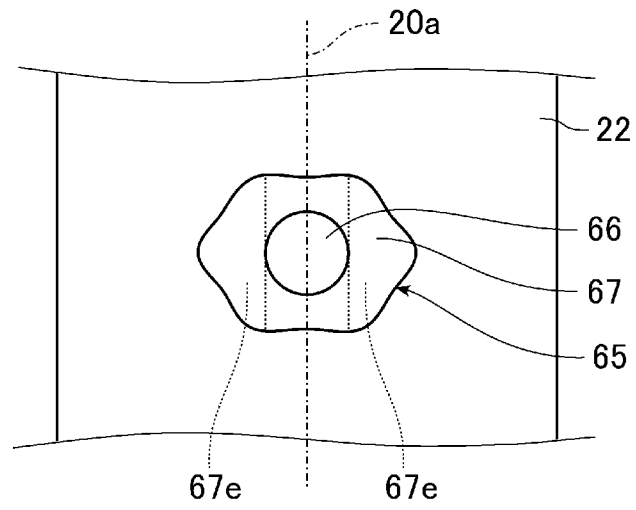
[図7]



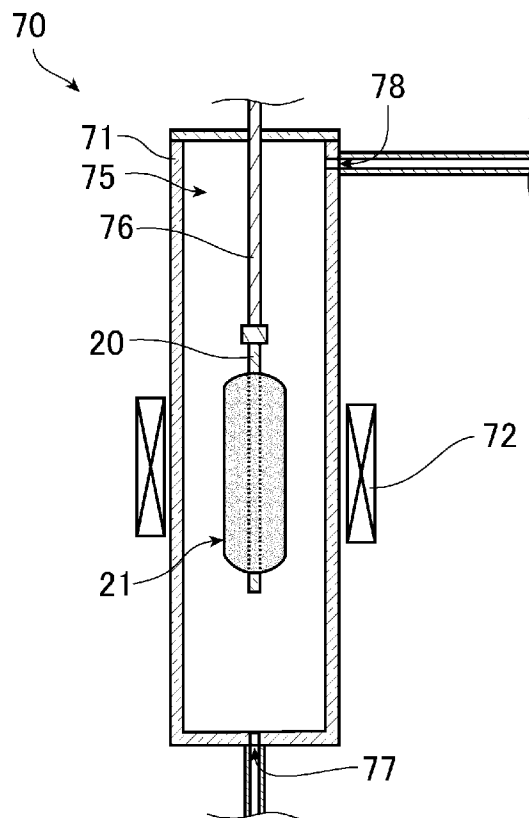
[図8]



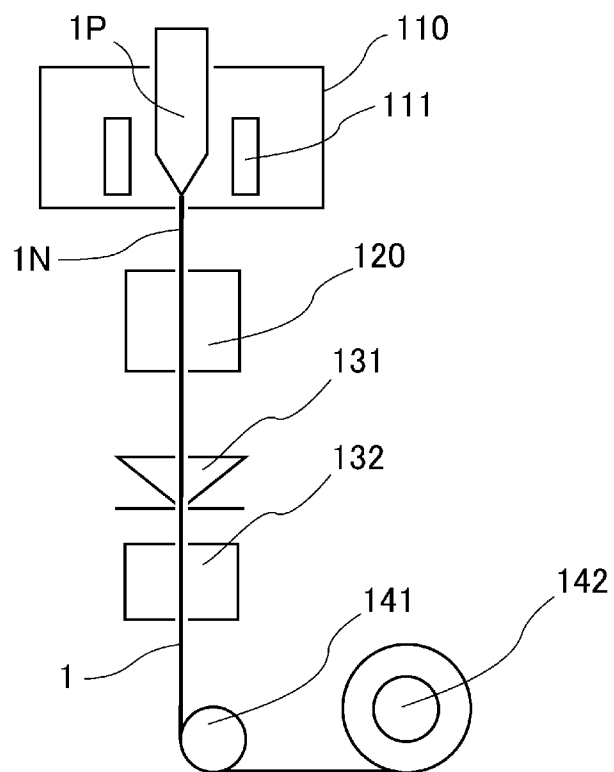
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/018924

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**C03B 37/018**(2006.01)i

FI: C03B37/018 C

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C03B37/018

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2000-203868 A (MITSUBISHI CABLE INDUSTRIES, LTD.) 25 July 2000 (2000-07-25) paragraphs [0006], [0008]-[0017], [0020]-[0031], fig. 1-3	1, 4, 5, 10, 12
Y		2-3, 6-9, 11
Y	JP 6-072733 A (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 15 March 1994 (1994-03-15) fig. 1, claims, paragraph [0010]	2-3
Y	WO 2018/142939 A1 (FUJIKURA LTD.) 09 August 2018 (2018-08-09) paragraphs [0011], [0013], fig. 1-2	6-9
Y	JP 2011-225413 A (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 10 November 2011 (2011-11-10) paragraphs [0007], [0072], fig. 10	11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 June 2021

Date of mailing of the international search report

06 July 2021

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/018924

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2000-203868	A	25 July 2000	(Family: none)	
JP	6-072733	A	15 March 1994	(Family: none)	
WO	2018/142939	A1	09 August 2018	(Family: none)	
JP	2011-225413	A	10 November 2011	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） C03B 37/018(2006.01)i FI: C03B37/018 C														
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） C03B37/018 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2021年</td> </tr> </table> 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年													
C. 関連すると認められる文献														
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号												
X	JP 2000-203868 A（三菱電線工業株式会社）25.07.2000（2000 - 07 - 25） 段落 [0006] , [0008] - [0017] , [0020] - [0031] 、図1-3	1, 4, 5, 10, 12												
Y		2-3, 6-9, 11												
Y	JP 6-072733 A（古河電気工業株式会社）15.03.1994（1994 - 03 - 15） 図1、特許請求の範囲、段落 [0010]	2-3												
Y	WO 2018/142939 A1（株式会社フジクラ）09.08.2018（2018 - 08 - 09） 段落 [0011] , [0013] 、図1-2	6-9												
Y	JP 2011-225413 A（古河電気工業株式会社）10.11.2011（2011 - 11 - 10） 段落 [0007] , [0072] 、図10	11												
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの</td> <td>“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</td> <td>“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの	“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの	“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	“&” 同一パテントファミリー文献	“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	
* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの													
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの													
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献														
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献														
国際調査を完了した日 25.06.2021	国際調査報告の発送日 06.07.2021													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 須藤 英輝 4T 1584 電話番号 03-3581-1101 内線 3465													

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/018924

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2000-203868	A	25.07.2000	(ファミリーなし)	
JP	6-072733	A	15.03.1994	(ファミリーなし)	
WO	2018/142939	A1	09.08.2018	(ファミリーなし)	
JP	2011-225413	A	10.11.2011	(ファミリーなし)	